

**Rotor blade for wind power installation, includes fiber optic cables arranged from connected end of blade towards tip in free end of blade**

**Patent number:** DE10160360  
**Publication date:** 2003-06-18  
**Inventor:** WOB BEN ALOYS (DE)  
**Applicant:** WOB BEN ALOYS (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F03D11/00; F03D11/00; B64F1/20  
- **european:** F03D11/00; G02B6/00L4E  
**Application number:** DE20011060360 20011208  
**Priority number(s):** DE20011060360 20011208

**Report a data error here**

**Abstract of DE10160360**

Bundle of fibre optic waveguides (18) are laid from blade hub to tip. Light (14) at hub provides light for waveguide which is emitted at tip of blade (16) as warning light to aircraft. Light is set to go on at certain time of day, position of blade or light level. Independent claim for wind energy plant with control to switch on optics when blade is at specific position

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 60 360 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 03 D 1/06**  
F 03 D 11/00  
B 64 F 1/20

21 Aktenzeichen: 101.60.360.6  
22 Anmeldetag: 8. 12. 2001.  
43 Offenlegungstag: 18. 6. 2003

D1

DE 101 60 360 A 1

71 Anmelder:  
Wobben, Aloys, Dipl.-Ing., 26607 Aurich, DE

74 Vertreter:  
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:  
DE 201 03 294 U1  
DE 201 01 375 U1  
DE 200 15 183 U1  
DE 200 08 289 U1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Rotorblatt sowie eine Windenergieanlage mit einem Rotorblatt

57 Windenergieanlagen mit Rotorblättern der verschiedensten Art sind bereits seit längerem bekannt. Auch ist es bekannt, dass in bestimmten Situationen die Windenergieanlage mit einem Gefahrenfeuer ausgerüstet werden muss, um den Flugverkehr im Gebiet der Windenergieanlage rechtzeitig auf die Existenz der Windenergieanlage hinzuweisen. Es ist zu dem vorgenannten Zweck auch bekannt, die Rotorblätter mit meist roten Warnanstrichen zu versehen, so dass die Kollision eines Flugzeuges, insbesondere eines Militärflugzeuges, mit einer Windenergieanlage bzw. dessen Rotors vermieden werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine zuverlässigere als bisher vorgeschlagene Beleuchtung der Rotorblattspitzen vorzusehen, wobei etwaige eintretende Schäden nicht mehr so aufwendig wie bisher, sondern äußerst zügig beseitigt werden können.

Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einem Rotorblattanschluss zu einer Nabe der Windenergieanlage und einer Rotorblattspitze an dem dem Rotorblattanschluss gegenüberliegenden Ende des Rotorblattes, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rotorblattanschluss bis zur Rotorblattspitze wenigstens ein Lichtwellenleiter verlegt ist.

DE 101 60 360 A 1

## Beschreibung

[0001] Windenergieanlagen mit Rotorblättern der verschiedensten Art sind bereits seit längerem bekannt. Auch ist es bekannt, dass in bestimmten Situationen die Windenergieanlage mit einem Gefahrenfeuer ausgerüstet werden muss, um den Flugverkehr im Gebiet der Windenergieanlage rechtzeitig auf die Existenz der Windenergieanlage hinzuweisen. Es ist zu dem vorgenannten Zweck auch bekannt, die Rotorblätter mit meist roten Warnanstrichen zu versehen, so dass die Kollision eines Flugzeuges, insbesondere eines Militärflugzeuges, mit einer Windenergieanlage bzw. dessen Rotors vermieden werden kann.

[0002] Auch ist bereits der Vorschlag gemacht worden, zur Verbesserung der Warnung für den Flugverkehr an den Rotorblattspitzen der Rotorblätter, neben der Farbgebung mit Signalfarben, Glühlampen oder andere Leuchtmittel einzusetzen, die dann bei Nacht eingeschaltet sind und somit vom Flugverkehr gut erkannt werden können. Der Nachteil von Glühlampen oder anderen Leuchtmitteln besteht aber darin, dass sie nur über eine begrenzte Haltbarkeit verfügen und die Kosten für das Austauschen von verbrauchten Leuchtmitteln in keinem vernünftigen Verhältnis zum Nutzen stehen. So können die Kosten für das Austauschen von Leuchtmitteln an der Rotorblattspitze mehrere 1.000 DM betragen, weil sehr aufwendig nicht nur die Windenergieanlage angehalten werden muss, sondern auch das Servicepersonal mittels einer Kranvorrichtung vom Turm der Windenergieanlage aus oder vom Boden vor der Windenergieanlage aus an die Rotorblattspitze herangebracht werden muss.

[0003] Dieser Aufwand steht in einem krassen Missverhältnis zum eigentlichen technischen Ausfall.

[0004] Als Ausweg ist daher auch bereits vorgeschlagen worden, die Beleuchtungseinrichtung an der Rotorblattspitze redundant auszuführen. Aber auch eine solche Konzeption kann nicht immer verhindern, dass es zu einem Ausfall der Beleuchtung kommt, wobei die Gründe für den Ausfall der Leuchtmittel äußerst verschieden sein können, sei es, dass die Leuchtmittel an der Rotorblattspitze mechanisch beschädigt werden (zusammentreffen mit Partikeln, Hagel, Regen etc.) oder dass die jeweiligen elektrischen Kontakte unterbrochen sind oder auch andere Gründe.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und eine zuverlässigere als bisher vorgeschlagene Beleuchtung der Rotorblattspitzen vorzusehen, wobei etwaige eintretende Schäden nicht mehr so aufwendig wie bisher, sondern äußerst zügig beseitigt werden können.

[0006] Die Aufgabe wird mit der Erfindung mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0007] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, die gesamten Leuchtmittel aus dem Tipbereich (Rotorblattspitze) der Rotorblätter in den nabennahen Bereich, z. B. die Nabe des Rotors selbst, zu verlegen. Fällt dann ein Leuchtmittel aus, so kann es vom Service sehr leicht und sehr unkompliziert ausgetauscht werden.

[0008] Während die Leuchtmittel, also eine Licht erzeugende Einrichtung wie z. B. ein Laser oder eine Leuchtdiode oder eine Vielzahl hiervon, in der Gondel der Windenergieanlage untergebracht ist, wird das erzeugte Licht in ein Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter, Lichtleiter) eingespeist, welches seinerseits bis in den Tipbereich des Rotorblatts verlegt ist und dort an der Oberfläche des Rotorblatts so angeordnet ist, dass das Licht ohne weiteres austreten kann.

[0009] Selbst wenn, was sehr unwahrscheinlich ist, es einmal zu einer Beschädigung des Endbereichs des Lichtwellenleiters im Tipbereich kommen sollte, führt dies nicht zum

Ausfall des gesamten Lichtwellenleiters, sondern dieser wird weiterhin sein Licht, welches durch ihn geführt wird, ausstrahlen. Da aber im Tipbereich keinerlei elektrische Elemente liegen, sind die Lichtwellenleiter sehr geschützt.

[0010] Die Erfindung schlägt in Ergänzung zu Vorstehendem oder alternativ auch vor, die Lichtleiter auch dafür zu verwenden, eventuelle Belastungsmessungen am Rotorblatt selbst vorzunehmen.

[0011] Hierzu sei allgemein auf Folgendes verwiesen: Wird in einen Lichtleiter Licht eingetragen, so reflektiert dieses Licht im Inneren dieses Leiters an entsprechenden Kanten und setzt sich bis zum Austritt am Lichtleiterende fort.

[0012] Aus dem Quotienten der eingetragenen Lichtmenge zur austretenden Lichtmenge lässt sich auch ein Wert für die Güte annehmen, wobei die Güte im optimalen Fall eins beträgt, wenn also die in den Lichtleiter eingespeiste Lichtmenge der Intensität (Lumen) der Lichtmenge am austretenden Ende des Lichtleiters entspricht.

[0013] Die Güte von Lichtleitern richtet sich aber nicht nur nach dem Material des Lichtleiters oder nach der Art des eingebrachten Lichtes, sondern auch nach der Verlegung des Lichtleiters. Ist beispielsweise der Lichtleiter entlang einer Geraden verlegt, ist die Güte regelmäßig größer, als wenn der Lichtleiter in verschiedenen Serpentin oder Bögen oder andere Krümmungsradien aufweisenden Geometrien verlegt ist.

[0014] Auch führt eine Bewegung des Lichtleiters quer zu seiner Streckrichtung dazu, dass die Fortsetzung des Lichts im Inneren des Lichtleiters zum Teil eingeschränkt ist, was dazu führt, dass die Güte insgesamt absinkt.

[0015] Diesen – zuletzt erwähnten – Effekt kann man sich bei einem Rotorblatt einer Windenergieanlage erfindungsgemäß auch dafür zu Nütze machen, die Durchbiegung des Rotorblatts optisch/elektrisch zu messen, indem ein Lichtleiter quasi als Schlaufe, beginnend von der Rotorblattnabe über eine bestimmte Führung im Rotorblatt über die Rotorblattspitze und wieder zurück zur Nabe geführt wird. Am austretenden Ende des Lichtleiters wird dann ein entsprechender Detektor angeordnet, welcher die Intensität des austretenden Lichts misst und diese austretende Lichtmenge wird über eine entsprechende Verarbeitungseinrichtung (Prozessor) ständig ins Verhältnis zur in den Lichtleiter eintretenden Lichtmenge gesetzt.

[0016] Wenn nunmehr mit zunehmender Belastung des Rotorblatts (ansteigende Windgeschwindigkeit) dieses sich mehr und mehr durchbiegt, führt dies automatisch zu einer verschlechterten bzw. veränderten Güte und aus der konkreten Güte lässt sich ein Maß auch für die mechanische Belastung des Rotorblatts ableiten.

[0017] Mit der vorgenannten Variante der Erfindung lässt sich somit auch die Belastung eines Rotorblatts nicht nur integral an der Nabe, Rotorblattwurzel, sondern auch in einzelnen Punkten, insbesondere auch im Blattspitzenbereich, feststellen und eine evtl. Überdehnung der Rotorblattspitze aufgrund einer Böe oder eines anderen Ereignisses kann sehr schnell festgestellt werden, was auch gleichzeitig dazu ausgenutzt werden kann, die Windenergieanlage evtl. anzuhalten oder eine Verstellung des Rotorblattwinkels (Pitch) vorzunehmen, um den unerwünschten Überdehnungsfall auszuschließen, weil derartige Überlastfälle regelmäßig zu einer erheblichen Verkürzung der Lebensdauer der Rotorblätter und damit der gesamten Windenergieanlage führen können.

[0018] Es versteht sich von selbst, dass die Lichtleiter über die verschiedensten Geometrien im Rotorblatt selbst oder unterhalb der obersten Schicht des Rotorblatts oder auf dem Rotorblatt geführt werden können. Es ist nicht nur eine

direkte Hin- und Rückleitung von der Rotorblattwurzel zur Rotorblattspitze auf einer Seite oder auf verschiedenen Seiten des Rotorblatts möglich, sondern auch die spiralförmige Umwicklung des gesamten Rotorblatts von der Rotorblattwurzel bis zur Rotorblattspitze und zurück oder es können auch verschiedene Bündel von Lichtwellenleitern über verschiedenste Geometrieverläufe des Rotorblatts (oder im Rotorblatt selbst) verlegt sein.

[0019] Je mehr ein Lichtleiter bei Verbiegung des Rotorblatts aus seiner Längsrichtung gebracht wird, umso höher wird regelmäßig auch der Abfall in der Güte sein und durch eine geschickte Messung und Vertauschung der Hin- und Rückleitungen lässt sich unter Umständen auch genau feststellen, wo eine unerwünschte Überdehnung eines Rotorblatts stattgefunden hat oder stattfindet.

[0020] Der Vorteil der Verlegung der Lichtwellenleiter im oder am Rotorblatt liegt auch darin, dass diese Verlegung bereits während der Produktion der Rotorblätter erfolgen kann und die Lichtleiter selbst regelmäßig äußerst robust sind und da die Lichtleiter selbst elektrisch nicht leitfähig sind, sind sie auch von daher schon gut gegen evtl. Störungen durch Blitzeinschlag im Rotor der Windenergieanlage geschützt.

[0021] Darüber hinaus kann mit den Licht(Wellen)leitern eine evtl. Überlastung des Rotorblatts deutlich schneller gemessen werden, als beispielsweise mit einem Dehnungsmessstreifen (DMS) oder einer anderen Messeinrichtung, die die mechanische Belastung auf ein Rotorblatt integral im Nabenbereich bzw. Blattwurzelbereich des Rotorblatt misst. Da über den Lichtdetektor am austretenden Ende des Lichtwellenleiters auch gleich ein elektrisches Signal über die Intensität des austretenden Lichts bereitsteht, kann dieses elektrische Signal auch einer Fernüberwachungsstelle der Windenergieanlage direkt zugeführt und dort entsprechend ausgewertet und zu einem sehr zügigen Eingriff in die Anlage verwendet werden, wenn nicht bereits automatische Stellvorrichtungen vorgesehen sind, die bei Unterschreiten einer bestimmten Güte selbsttätig eine Anlagensteuerung bzw. Änderung vornehmen, die zu einer Entlastung der Rotorblätter führt.

[0022] Bei der Verlegung der Lichtwellenleiter als Rotorblattspitzenbeleuchtung (Tip-Beleuchtung) kann es auch geeignet sein, dass die Tip-Beleuchtung nicht über den gesamten Umdrehungsumfang des Rotors eingeschaltet ist, sondern nur dann, wenn das jeweilige Rotorblatt sich in einem Bereich zwischen der Neun-Uhr- und Drei-Uhr-Position (des Rotorblatt dreht im Uhrzeigersinn) befindet oder bevorzugt nur im Bereich zwischen der Zehn-Uhr- und Zwei-Uhr-Position.

[0023] Auch ist es möglich, durch die Einspeisung von Licht mittels Dioden nicht nur einfarbiges weißes Licht in den Lichtwellenleiter einzuspeisen, sondern auch verschiedenfarbiges Licht und durch den entsprechenden Austritt der Lichtwellenleiter an der Rotorblattspitze kann das Licht auch in verschiedene Richtungen direkt abgestrahlt werden, wobei zur Erhöhung der Intensität die Enden des Lichtwellenleiters mit einer entsprechenden Linse versehen sind, die ihrerseits gleichzeitig auch das entsprechende Ende des Lichtwellenleiters nochmals schützt.

[0024] Die Erfindung ist anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels nachfolgend dargestellt. Darin zeigen:

[0025] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Rotorblatts,

[0026] Fig. 2 ein alternatives weiteres Ausführungsbeispiel eines Rotorblatts.

[0027] Fig. 1 zeigt ein Rotorblatt 10 mit einem darauf (oder darin) verlegten Lichtwellenleiter 14, welcher im Bereich der Rotorblattspitze 15 mäanderförmig verlegt ist. An

einem Anschluss des Lichtwellenleiters 14 ist eine Lichtdiode 16 angeordnet und am anderen Anschluss ist eine entsprechende Lichtempfangsdiode 18 angeordnet. Mit der Lichtdiode wird Licht in den Lichtwellenleiter eingespeist und die Empfangsdiode 18 empfängt das durch den Lichtleiter getretene Licht.

[0028] Bevor nun die Windenergieanlage in Betrieb genommen wird und das Rotorblatt völlig unausgelenkt ist (also nicht mehr durch den Wind verformt ist), werden nunmehr Referenzmessungen vorgenommen, wobei in der Lichtempfangseinheit 18 die Menge des empfangenen Lichts gemessen wird. Der Lichtmengenanteil lässt sich üblicherweise auch in einem Prozentwert ausdrücken, wobei der Prozentwert stets unter 100% liegt. Bei einem gemessenen Wert von 100% müsste das gesamte von der Sendeeinheit 16 ausgesandte Licht durch den Lichtwellenleiter 14 in der Empfangseinheit 18 ankommen und die Güte würde dann 1 betragen.

[0029] Wenn nunmehr die Windenergieanlage in Betrieb genommen wird, führt dies aufgrund des Wind- und Staudrucks auch dazu, dass das gesamte Rotorblatt insbesondere im Spitzenbereich ausgelenkt wird. Damit einher geht auch gleichzeitig eine Veränderung der ursprünglichen Lage der Lichtwellenleiter, was regelmäßig auch zu einem anderem Reflexionsweg innerhalb des Lichtwellenleiters führt. Die Folge dessen ist regelmäßig eine Reduktion der Lichtausbeute gegenüber dem Referenzzustand und diese geringere Lichtausbeute wird in der Empfangseinheit 18 gemessen.

[0030] Mithin kann auch durch die Lichtmengenmessung (Lichtmodulationsmessung) in der Empfangseinheit 18 (oder Lichtmodulationsmessung) ein Maß für die Auslenkung des Rotorblatts ermittelt werden, da die Güte bei Auslenkung des Blattes unterhalb der Güte im Referenzzustand liegt.

[0031] Wenn bestimmte Überdehnungen eines Rotorblatts unerwünscht sind, d. h. die Güte sinkt unter einen vorbestimmten Wert, kann auch dies mittels der Erfindung überwacht werden und im Bedarfsfall können auch die gemessenen Daten dazu verwendet werden, die gesamte Windenergieanlage zum Eigenschutz abzustellen.

[0032] Vorbeschriebene erfindungsgemäße Alternative hat auch den Vorteil, dass bei einem evtl. Haarriss im Rotorblatt der Windenergieanlage, wobei der Haarriss im Wesentlichen quer zum Lichtleiter verläuft, der Lichtleiter sehr schnell abgerissen wird, so dass die gesamte Lichtübertragung dann nicht nur gestört werden, sondern auch zusammenbrechen kann. Dieser Abriss eines Lichtleiters kann deshalb erfolgen, weil die Lichtleiter regelmäßig bezüglich ihrer Längenausdehnung äußerst porös konzipiert sind und nur gering elastisch sind. Wenn nunmehr durch einen Haarriss die Lichtübertragung durch den Lichtleiter empfindlich gestört ist, kann die gesamte Anlage angehalten werden und das Rotorblatt frühzeitig sehr genau auf evtl. Haarrisse untersucht werden.

[0033] In Fig. 1 ist die Einrichtung zur Weiterverarbeitung des gemessenen Lichts nicht dargestellt. Hierbei kann es sich um übliche Einrichtungen handeln, die aus der gemessenen Lichtmenge ein elektrisches Signal erzeugen und das entsprechende elektrische Signal wird dann in einem Prozessor oder einer anderen Verarbeitungseinrichtung so weiterverarbeitet, dass der Lichtmengenwert des empfangenen Lichtes ermittelt wird, welcher dann auch ggf. ins Verhältnis zur Menge des in den Lichtleiter eingetretenen Lichtes gesetzt werden kann. Aus diesem Differenzwert lässt sich unmittelbar der Wert für die Güte (Menge des ausgesendeten Licht/-Menge des empfangenen Lichts) ableiten. Es bietet sich an, in einem entsprechenden Speicher eine Tabelle für bestimmte Güten vorzusehen, bei deren Unter- oder Über-

schreitung dann entsprechend gewünschte Maßnahmen bei der Windenergieanlage getroffen werden können, beispielsweise die Abschaltung der Anlage.

[0034] Fig. 2 zeigt alternativ oder in Ergänzung zu der Lösung nach Fig. 1 ein Bündel von Lichtwellenleitern, die von der Nabe des Rotorblatts (Rotorblattwurzel) bis zur Rotorblattspitze (Tip) verlegt sind. Im Nabenbereich wird mittels einer Leuchte 14 Licht in die Lichtwellenleiter eingespeist und im Tipbereich tritt das Licht aus den Lichtwellenleitern aus, so dass der Tipbereich wenigstens nachts gut leuchtet und damit der Flugverkehr auf die Windenergieanlage aufmerksam gemacht wird.

[0035] Selbstverständlich können die vorgenannten Alternativen auch miteinander kombiniert werden, so dass neben einem beleuchteten Tip auch eine Überwachung der Lichtbiegung eines Rotorblatts vorgenommen werden kann. Die Leuchte 14 kann hierbei auch eine Leuchtsendodiode darstellen.

[0036] Es versteht sich von selbst, dass die Einschaltung der Leuchten 14 und 16 abhängig gemacht werden kann von der jeweiligen Tageszeit, Dunkelheit oder der jeweiligen Stellung eines einzelnen Rotorblatts, z. B. Einschalten der Leuchten, wenn ein Rotorblatt sich in einer 10.00 Uhr- bis 12.00 Uhr-Position befindet.

stimmen Wert unterschreitet.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einem Rotorblattanschluss zu einer Nabe der Windenergieanlage und einer Rotorblattspitze an dem dem Rotorblattanschluss gegenüberliegenden Ende des Rotorblattes, **dadurch gekennzeichnet**, dass vom Rotorblattanschluss bis zur Rotorblattspitze wenigstens ein Lichtwellenleiter verlegt ist.
2. Rotorblatt nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rotorblattanschluss bis zur Rotorblattspitze eine Vielzahl von Lichtwellenleitern verlegt sind.
3. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtwellenleiter im Bereich der Rotorblattspitze an der Oberfläche des Rotorblattes enden.
4. Windenergieanlage mit einem Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Leuchtmittel vorgesehen sind, mittels denen Licht in den Lichtwellenleiter eingespeist wird und das Licht an der Blattspitze sichtbar wieder austritt.
5. Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einem Rotorblattanschluss zum Anschluss an eine Nabe des Rotors einer Windenergieanlage und einer Blattspitze, die am Rotorblatt gegenüberliegenden Ende des Rotorblattes liegt, dadurch gekennzeichnet, dass über die Länge des Rotorblattes ein Lichtleiter verlegt ist, wobei im Eintrittsende des Lichtleiters Licht eintritt und am Austrittsende des Lichtleiters das Licht wieder austritt und ein Detektor vorgesehen ist, der die Menge des austretenden Lichts detektiert und dass der Detektor mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, die die Menge des eintretenden und des austretenden Lichts bewertet.
6. Rotorblatt nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung mit einer Steuereinrichtung der Windenergieanlage verbunden ist und die Windenergieanlage abgeschaltet wird, falls die Menge des aus dem Lichtleiter austretenden Licht einen vorbe-

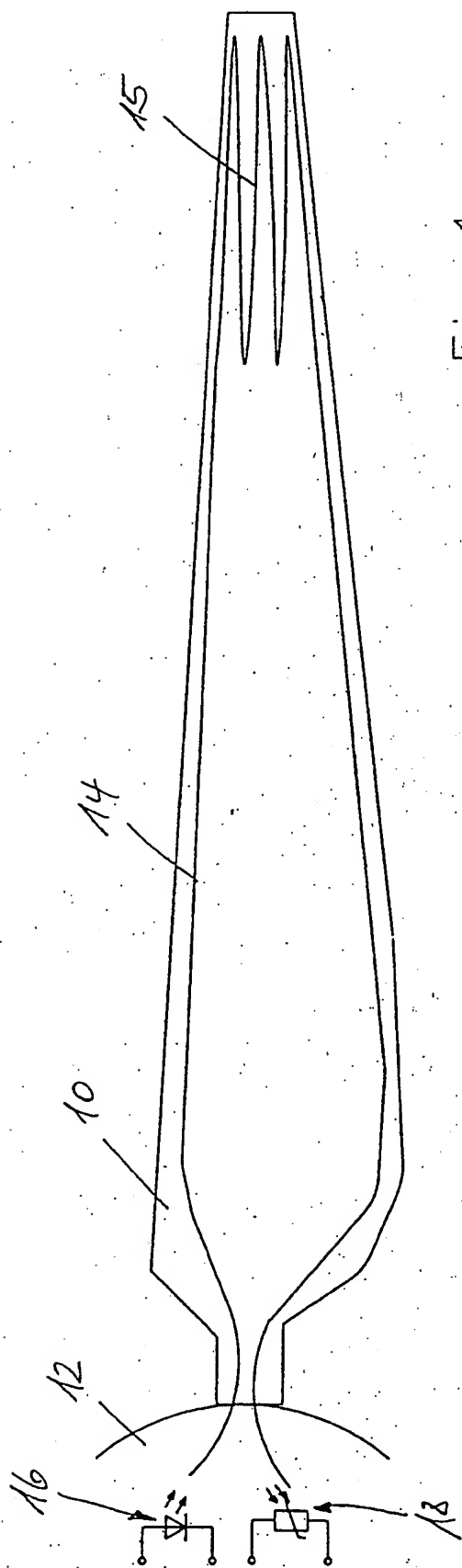


Fig. 1

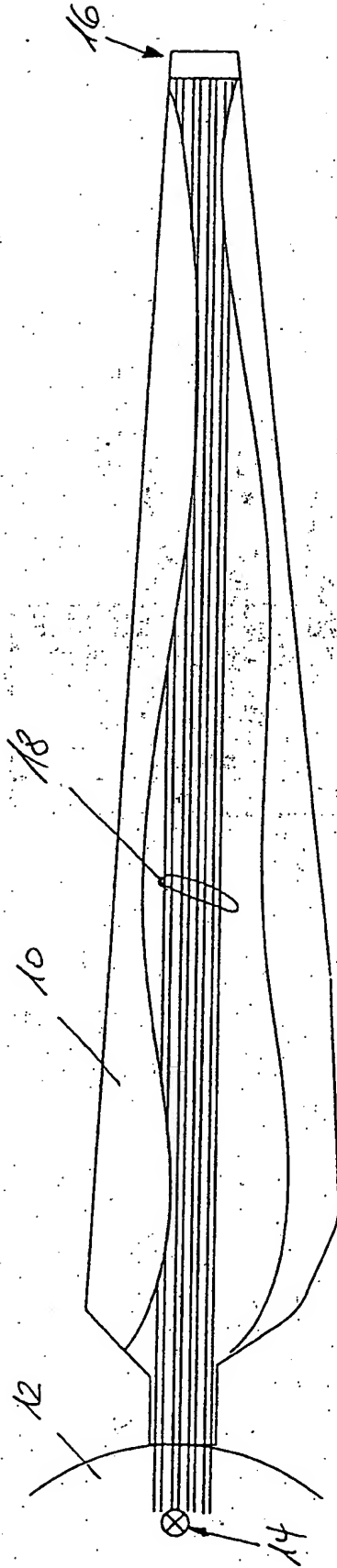


Fig. 2